



# AUTOMATIZACION DE LA PRODUCCION Y SU CONTROL

## ANALISIS DE IMAGENES

Vignote, S.  
Martínez Rojas, I.  
Martínez Rojas, J.A.  
Villasante, A.  
Alpuente, J.

### 1.- Introducción

La automatización se ha entendido como la tecnología a la cual se aplican los sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, con el fin de operar y controlar la producción, de bienes físicos de consumo, además involucra una gran variedad de sistemas y procesos que se ejecutan con mínima o ninguna intervención del ser humano. Las posibles ventajas de su utilización son el aumento de la productividad y disminución de los costes; la dotación a los sistemas de una robustez y fiabilidad y el consiguiente aumento de los índices de calidad de los productos. La automatización se clasifica en los siguientes niveles según los requerimientos del proceso productivo, los volúmenes de producción y la variedad de productos que se fabrican:

- Automatización fija, se caracterizan por la secuencia sencilla de operaciones. Requiere una gran inversión debido a la demanda de equipos muy especializados, posee unos elevados ritmos de producción y no se adapta a variaciones de la demanda. Es lo característico de una fábrica de tableros.
- Automatización programable o “batch”, Se aplica en sistemas de fabricación donde el equipo de

producción está diseñado para realizar cambios en la secuencia de operaciones según los diferentes productos. Es adecuada para la fabricación por lotes y no permite realizar cambios en la configuración de los productos. Para realizar lotes de productos distintos, se introducen cambios en el programa y en la disposición física de los elementos. Un ejemplo de este tipo de automatización son los PLC (Controladores lógicos programables) y los robots

- Automatización flexible. Surge con el objetivo de subsanar algunas de las deficiencias presentadas por la automatización programable. Está capacitada para producir cambios en los programas y en la relación existente entre los elementos del sistema de fabricación. Un ejemplo de automatización flexible son las máquinas de control numérico, en donde es posible fabricar productos de diferentes especificaciones sin pérdidas de tiempo, atribuibles a los cambios y ajustes de los equipos de proceso entre un producto y otro
- Gráfico sobre los diferentes tipos de automatización según la variedad de productos fabricados y el volumen de producción

Un proceso automatizado está compuesto por los siguientes elementos.

- Fuentes de energía, necesarias para ejecutar el proceso y los controles, la principal fuente es la electricidad, la cual es convertida a formas alternas de energía: mecánica, térmica, lumínica, acústica e hidráulica.
- Infraestructura de equipos: Que es el conjunto de la maquinaria que ejecutan las operaciones de transformación necesaria sobre los materiales para obtener los productos que se requieren.

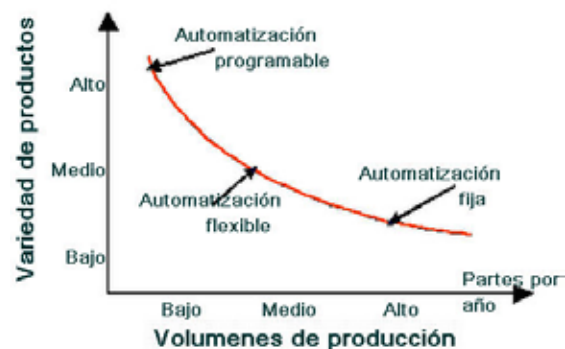


Gráfico sobre los diferentes tipos de automatización según la variedad de productos fabricados y el volumen de producción

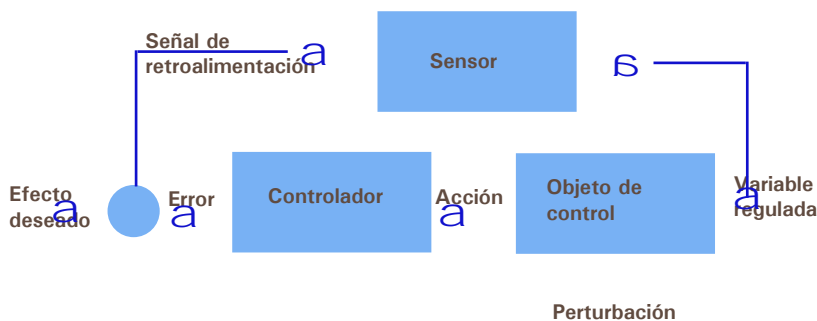
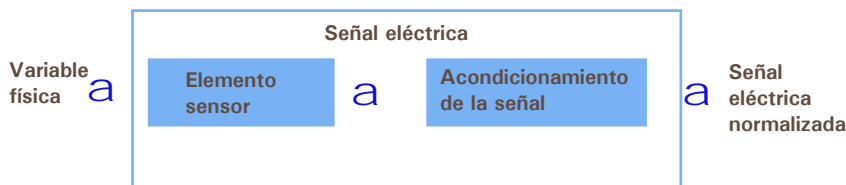


Diagrama de control de retroalimentación, en donde las funciones de transferencia de envío y transferencia de retorno, ejecutan la actividad de control sobre el sistema



Esquema de funcionamiento de un sensor

- Programa de instrucciones: Es el flujo de acciones a desarrollar por los elementos del sistema de producción para la elaboración del producto.
- Arquitectura del sistema de control: Está formada por los elementos que definen los requerimientos de las distintas operaciones que permiten la transmisión del programa de instrucciones para la elaboración del producto.
- Sistema de control: Es el encargado de ejecutar el programa de instrucciones. El sistema de control más utilizado es el de retroalimentación, en donde las variables de salida son comparadas con los parámetros de entrada y alguna diferencia entre los dos es usada para corregir la salida de acuerdo con la entrada. Está constituido por los siguientes elementos:
  - El parámetro de entrada del sistema es el valor de referencia, o punto fijo, para la salida del sistema y éste representa el valor de operación que se espera para la salida.
  - El sensor, cuantifica la variable de salida y cierra el circuito.
  - El controlador compara la salida con la entrada y hace el ajuste re-

querido en el proceso, reduciendo la diferencia entre ellos.

- Los actuadores, son los dispositivos físicos del hardware, que llevan a cabo las acciones de control.

### Esquema de funcionamiento de un sensor

## 2.- Sistemas de control

Como ya se ha indicado anteriormente es el encargado de ejecutar el programa de instrucciones y consta de sensores, controladores y actuadores.

### Sensores o transductores

Un sensor o transductor es un dispositivo encargado de capturar la magnitud física que se desea medir y la convierte en otra variable diferente (transductor). Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- o Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- o Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- o Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos

de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.

- o Linealidad o correlación lineal.
- o Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- o Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- o Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- o Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- o Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano. Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesamiento, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de la circuitería

Los sensores, por el tipo de elemento que utiliza se clasifican en:

### Sensores mecánicos

Se basan en disponer de una palanca que es accionada al paso del material que se quiere detectar. El accionamiento de la palanca, supone la interrupción de una señal eléctrica que activa o desactiva una máquina. Es el



Final de carrera mecánico

## Sensores neumáticos

Se basan en un emisor de aire (a muy baja presión y caudal) y un receptor de ese aire, que envía una señal eléctrica de los cambios de presión que puedan producirse. Se utilizan comúnmente para la detección de desplazamiento y proximidad sin contacto de un material, aunque también se utilizan para captar cambios de presión en el material que se analiza (presostatos), cuya utilidad principal es determinar nivel de llenado en silos. Su funcionamiento se basa en la presencia o no de objetos en el camino realizado por el aire comprimido, detectando tanto la presencia del material como su proximidad. La ausencia de objetos provoca que no exista una variación de presión entre el emisor y el receptor, cuando un material pasa o se acerca, el aire que recibe el receptor se reduce. El ejemplo más típico es el detector de paso, que se utiliza como final de carrera.

En la industria de la madera se utilizan sensores neumáticos para controlar el encolado de los tableros de fibras y de partículas, la formación de la manta e incluso la calidad de los tableros después del prensado. Por ejemplo, el dispositivo de control de la manta se basa en medir un tramo del peso de la manta formada y según sea el valor que se obtiene, se regula el caudal de la formadora o la velocidad de la cinta transportadora sobre la que se forma la manta de forma a conseguir la densidad del tablero programada..

## Sensores resistivos

Son los sensores que se basan en la medida de la resistencia eléctrica de un determinado dispositivo. El sensor se basa en una corriente eléctrica que incide sobre un determinado material y en un receptor que analiza o la intensidad eléctrica (caso de conectarlo en paralelo) o la diferencia de potencial (caso de conectarlo en serie). Dado que muchas propiedades de los materiales varían con la resistividad eléctrica, es uno de los sensores más utilizados. Los más utilizados son los siguientes:

- **Potenciómetros:** Sirven para medir desplazamientos. El movimiento del cursor origina un cambio en la resistencia, el cual puede utilizarse para medir desplazamientos lineales o angulares de piezas acopladas al cursor
- **Galgas extensométricas:** Sirven para medir la resistencia mecánica de un material conductor. Dado que al cargar un material conductor se produce una variación de sus dimensiones, también varía su resistividad eléctrica, y por tanto se puede conocer la deformación producida y con ello su resistencia (módulo de elasticidad).
- **Termorresistencia:** Dado que la temperatura influye en la resistividad, se puede evaluar la temperatura conociendo la variación de su resistividad. Debe tenerse en cuenta que el cambio de temperatura también afecta a las dimensiones del material. Una variante de estos sensores son los termistores en donde en lugar de utilizar conductores se utili-

zan semiconductores.

- **Otros sensores resistivos:** Magnetoresistencias para medir variables magnéticas, Fotorresistencias, para medir variables ópticas, Higrómetros resistivos,...

En la madera son poco utilizados, dado el carácter poco conductor de la madera. Solo se utilizan para medir la humedad de la madera, durante el proceso de secado, siendo uno de los sensores que regulan la temperatura y humedad relativa del aire en los secaderos tradicionales.

Sensor resistivo para medir la humedad de equilibrio higroscópico de la cámara de secado a través de la medida de la resistividad eléctrica de las placas de celulosa y registro en pantalla de dicha humedad (2ª pantalla de la derecha)

## Sensores inductivos

Se basan en crear un campo electromagnético y evaluar las pérdidas de corriente de dicho campo cuando se acerca un elemento metálico. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida y se emplea como detector de acercamiento o paso de materiales metálicos.

Por la misma causa que en los resistivos, apenas se utilizan en la industria de la madera.

## Sensor magnético

Son sensores magnéticos son caracterizados por detectar los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para ac-



Sensor resistivo para medir la humedad de equilibrio higroscópico de la cámara de secado a través de la medida de la resistividad eléctrica de las placas de celulosa y registro en pantalla de dicha humedad (2ª pantalla de la derecha)



cionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. Usando los conductores magnéticos (ej. hierro), el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para, por ejemplo, poder llevarse la señal de áreas de alta temperatura.

### Sensor capacitivo

El detector capacitivo está constituido por electrodo interno y otro externo, normalmente en contacto (físico o no) con la pieza a controlar midiendo su capacidad eléctrica. Dado que la capacidad eléctrica de la madera está muy relacionada con la humedad, este sensor se utiliza en el control de calidad de la madera, sobre todo en los momentos previos a su encolado. Un ejemplo de su utilización es en el control de la humedad de las chapas antes de la formación del tablero. Es muy común que como consecuencia de las bolsas de agua, las Chapas puedan tener en ciertas zonas con humedades muy por encima de las recomendadas para su encolado. Para evitar estas chapas, se hacen pasar las chapas por un conjunto de palpadores situados cada 15 cm, que evalúan la humedad de las chapa de forma continua a lo largo de toda su longitud. Cuando detecta una humedad media por encima de un valor o cuando detecta zonas de la chapa por encima de otros valores, activa un actuador, que interrumpe los rodillos alimentadores y elimina la chapa. También se utiliza para evaluar la humedad de las partículas y fibras en las fábricas de tableros, la diferencia con estos es que el electrodo externo no está en contacto con el material, sino que se dispone a unos mm de distancia.

### Sensores ópticos

Son seguramente los sensores con más posibilidades por su rapidez y por las amplias posibilidades de control que ofrecen.

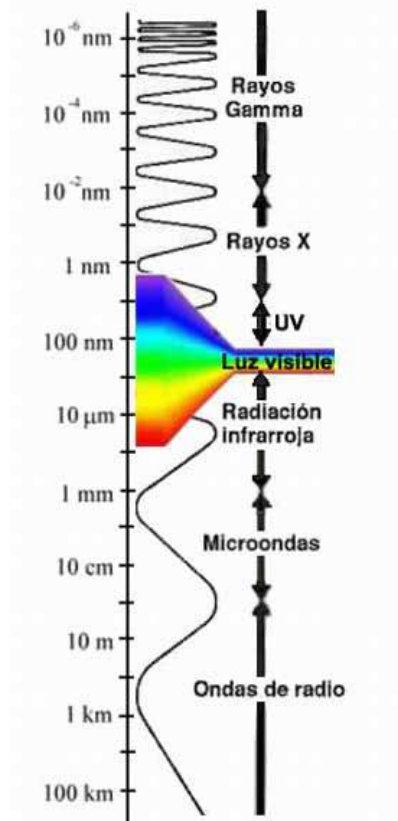
Son sensores basados en la detección de los efectos que las superficies producen al ser irradiadas con radiación



Palpadores capacitivos para evaluar la humedad de las chapas a lo largo de toda su superficie

electromagnética. Dado que la radiación más utilizada es la correspondiente a la radiación visible, a este tipo de sensores se les llama ópticos. El uso de los sensores ópticos tiene muchas ventajas entre las que está el no ser invasivo, ser barato, ser muy

rápidos y precisos y poder evaluar muchas propiedades del material. En el esquema del espectro electromagnético se establecen los distintos nombres según la longitud de onda de la radiación: Dada la importancia de estos sensores, sus características y aplicaciones se desarrollaran posteriormente.



Espectro electromagnético. <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/espectro.htm>

### Actuador

Es el elemento que permite la acción de una máquina según unos parámetros de estabilidad. Según la energía empleada los actuadores pueden ser

- Accionamientos eléctricos. Permiten la conexión o desconexión de un circuito eléctrico de potencia al producir la excitación de una bobina de mando.
- Accionamientos hidráulicos y neumáticos. Se aplican de forma masiva en los automatismos industriales gracias a su robustez y facilidad de control. Entre sus funciones destacan: establecer o cortar la conexión hidráulica o neumática entre dos o más conductos o vías, también se encargan de regular la presión o caudal de los circuitos hidráulicos.
- Accionamientos térmicos. El movimiento se realiza utilizando la energía producida en el proceso de explosión.

### Controlador

El objetivo principal de los PLC's se centra en activar el conjunto de válvulas, actuadores neumáticos etc necesarios para poder realizar las ac-



ciones que se indican en el programa. Pueden ser

- Micro PLCs. Están dotados de instrucciones de transmisión básicas.
- Pequeños PLCs. Mejoran las prestaciones de los MicroPLCs ya que permite la expansión con módulos de entrada y salida analógicos y utilizan 4k en la memoria de programa.
- Medios PLCs. Suponen un avance con respecto a los modelos anteriores ya que aumentan la capacidad de entradas y salidas analógicas hasta 1024 mientras que la memoria del programa aumenta hasta 32k.
- Largos PLCs. Representan el penúltimo modelo en cuanto a capacidades del PLC. Los módulos son de 248 puntos mientras que la memoria es de 256k.
- Muy Largos PLCs. Según lo establecido en esta clasificación, son los dispositivos con una mayor capacidad. Los módulos son de 8192 puntos y una memoria de 4MG para los programa

### 3. Automatización y control mediante análisis de imágenes

La automatización y control de los procesos mediante análisis de imágenes se basan en disponer de un sensor óptico compuesto por un emisor que emite un haz de luz (radiación electromagnética) que es interrumpido o reflejado por el objeto que se quiere analizar, un receptor que recibe esa imagen, bien de forma directa o a través de una lente óptica y la convierte en señal digital transfiriendo esa información a un ordenador para ser leído y procesado.

• El emisor: Es el elemento que emite la radiación electromagnética. Según sea esta emisión los emisores se clasifican en:

- De luz infrarroja: Son los más utilizados pues son las que mayor porcentaje de luz emiten y disipan menos calor.
- Láseres: Láser es un acrónimo que significa literalmente "Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación" La luz láser es un tipo de radiación electromagnética caracterizada por una alta pureza espectral (monocromaticidad) y un elevado

grado de coherencia. Estas propiedades permiten acumular una alta densidad de energía electromagnética, es decir, de fotones, sobre una superficie.

- Fibra óptica: La fibra óptica sujeta a perturbaciones influyen en su geometría (tamaño, perfil) y en sus propiedades ópticas (índice de refracción, conversión de modos,...) que afectan en mayor o menor medida a la propagación de la luz, lo que permite conocer el valor de esa perturbación (temperatura, deformación, movimiento, ...).

Los sensores de fibra óptica son sensores de última generación que se utilizan en casos de altos requerimientos, ya sea por presión, radiación, etc..

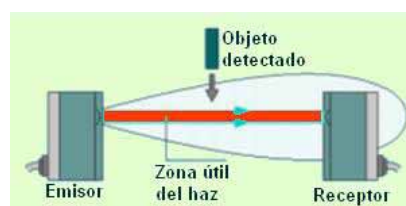
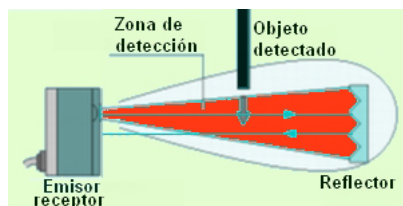
- El receptor recibe el haz de la fuente. Suele ser un fotodiodo o un fototransistor acoplado espectralmente con el emisor, que dispone de diminutas células fotoeléctricas que registran el reflejo de la imagen y la transforma en señal digital que transfiere al ordenador.

Un receptor típico puede ser una cámara de fotos o una cámara de video que son capaces de captar la información luminosa procedente de la escena y transformarla en una señal digital o analógica que conforman una imagen digital. Las cámaras llevan incorporadas dos tipos de sensores ópticos, los dispositivos de acoplamiento de carga (CCD) y los de inyección de carga (CID).

Esquema del proceso de captura y análisis de imágenes mediante una cámara digital

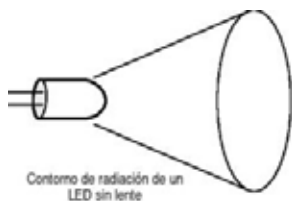


El emisor y el receptor pueden situarse o bien uno enfrente del otro (sistema barrera) o bien en la misma caja (sistema réflex).



- La lente tiene la función de dirigir el haz de luz, normalmente concent-

rando o expandiendo, según interese, el haz emisor o receptor



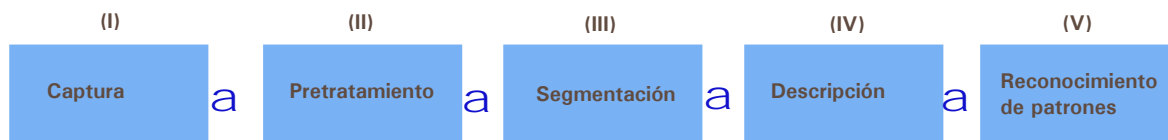
o Circuito de salida, tiene como función amplificar la señal del fotore-



receptor y enviarla al ordenador para su análisis.

### 3.1.- Etapas para el procesamiento digital de imágenes

Esquema: Etapas para el procesamiento digital de imágenes.



1. La primera etapa es la adquisición de las imágenes (captura), para la cual se requieren dos elementos: un sensor y un digitalizador. El proceso como tal se trata de convertir un objeto o un documento, en una representación apta para ser procesada por un ordenador. Tal adquisición o conversión puede ser realizada por medio de un escáner, cámara fotográfica o de video, y el resultado varía dependiendo del proceso de digitalización usado y del método de codificación. Cabe señalar que la naturaleza y las características de la imagen a capturar son determinadas por la naturaleza de la aplicación. En esta etapa se realiza el diseño de las propiedades de la captura, se selecciona el tipo de cámara, distancia al objeto, formato, etc

2. La etapa II es el pre-procesamiento de la imagen, en ella se engloban una serie de técnicas que comprenden operaciones cuyo origen es una imagen y cuyo resultado final es otra imagen. El valor del píxel, en la imagen de salida, puede ser función del valor que tenía en la imagen de entrada, de los valores de sus vecinos o del valor de todos los puntos de la imagen de entrada. Para esto, los distintos software realizan operaciones matemáticas tales como:

El objetivo de estos procesos es modificar las imágenes para mejorar su calidad o resaltar los detalles que interesan. Esto comprende filtros de realce y de suavizamiento, como son: paso bajo y paso alto, con los cuales se mejora la apariencia de la imagen. Durante el procesamiento de la imagen, los procedimientos están dados en forma de algoritmos, siendo el software el medio por el cual se implementan y ejecutan, por ello, el principal desafío es mejorar la calidad y reducir su costo. El proceso de filtrado, es el conjunto de técnicas englobadas dentro del pre-procesamiento de imágenes, cuyo objetivo fundamental es obtener, a

procesado sobre ella. Por tanto, se consideran los filtros como operaciones que se aplican a los píxeles de una imagen digital para: optimizarla, enfatizar cierta información o conseguir un efecto especial en ella. Los principales tipos de filtros son los siguientes:

- Filtro de paso bajo (suaviza la imagen): Reducen las variaciones de intensidad entre píxeles vecinos (ver esquema).
- Filtro de paso alto (atenuamiento de la imagen): Intensifica los detalles, bordes y cambios
- Filtro de eliminación de ruidos: Son filtros que eliminan aquellos píxeles

Esquema del suavizado con dos niveles de mascarar



• Transformada Rápida de Fourier (FFT)	ELIMINAR RUIDOS
• Dispersiones Gaussiana, se basa en considerar una curva gaussiana de revolución alrededor del píxel central de una matriz de convolución	FACILITAR LA DISPERSIÓN
• Convolución	SUAVIZAR CONTORNOS O EMPAÑAR
• Desconvolución	DISMINUIR EMPAÑAMIENTOS.

partir de una imagen origen, otra final cuyo resultado sea más adecuado para una aplicación específica, mejorando las características que posibiliten efectuar operaciones del

cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos.

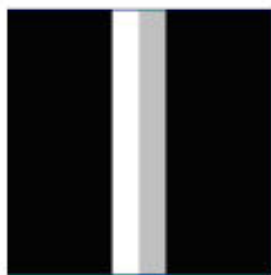
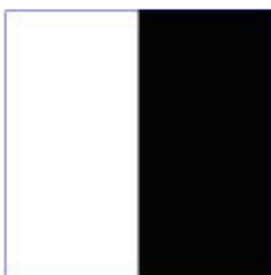
- Filtro de realce de los bordes: Son filtros que buscan destacar los bordes en los que se localiza en una imagen.



Esquema de realce de bordes

## Bordes

Imagen Original



Máscara:



- Filtro de detección de bordes: El filtro detectar los píxeles donde se produce un cambio brusco de la función intensidad.
- Filtros de frecuencia procesan una imagen trabajando sobre el dominio de la frecuencia en la Transformada de Fourier de la imagen. Para ello, ésta se modifica siguiendo el Teorema de la Convulación correspondiente (ver esquema.).

3. La tercera etapa en el procesamiento de la imagen, es la segmentación, mediante la cual se divide la imagen en regiones o segmentos manipulables. Este paso se desarrolla en íntima relación con la base teórica, es decir, el reconocimiento de la información que se desea obtener, separando de la imagen propiedades o regiones con una textura dada. En este paso, se segmenta la imagen



Fig. Etapas para el filtrado de imágenes digitales

En el esquema mostrado en la figura, se puede apreciar el proceso de filtrado a partir de:

- 1.- Aplica la Transformada de Fourier,
- 2.- Multiplicar posteriormente por la función del filtro que ha sido escogido,
- 3.- Para concluir re-transformándola al dominio espacial empleando la Transformada Inversa de Fourier.

Existen básicamente tres tipos distintos de filtros de frecuencias:

- Filtro paso bajo: atenúa las frecuencias altas y mantiene sin variaciones las bajas.
- Filtro paso alto: atenúa las frecuencias bajas manteniendo invariables las frecuencias altas
- Filtro paso banda: atenúa frecuencias muy altas o muy bajas manteniendo una banda de rango medio. Uno de los filtros más utilizados son los filtros Gabor.

en regiones que tienen determinados niveles de gris similares o en regiones donde existen cambios abruptos en los cambios del nivel de gris, detectando las fronteras o bordes de la imagen. Para ello, se debe encontrar el rango de valores de gris que caracterizan el objeto que se quiere analizar, lo que requiere entonces la búsqueda y el análisis del histograma de la imagen. Para lograr esto se utilizan operadores diferenciales que detectan los cambios en los gradientes de los niveles de gris. Esta técnica de procesamiento de imágenes idealmente genera una imagen binaria, donde los píxeles que pertenecen al objeto se representan con un 1, mientras que los que no pertenecen al mismo se representan con un 0. En los procesos autónomos de percepción, una de las tareas con mayor dificultad es justamente la segmen-

tación, pues requiere ser ejecutada en forma automática, pudiéndose obtener grandes beneficios o provocar perjuicios a determinados procesos.

4. El paso siguiente es la descripción de las características de los objetos seleccionados. Esta caracterización se puede realizar de las siguientes formas:

Mediante parámetros morfométricos, que comprende la forma, la superficie, el perímetro, diámetro, etc...

Mediante parámetros densitométricos, es decir, el nivel de color, transmitancia, densidad óptica, intensidad de fluorescencia, etc...

5. La última etapa, reconocimiento automático de patrones e interpretación. Este reconocimiento también se puede hacer mediante un algoritmo de toma de decisiones.

En esta etapa se tiene introducido en el ordenador una serie de muestras patrones característicos de cada clase, almacenando de cada clase los atributos discriminantes de cada clase, como pueden ser las características de forma, color, brillo, variabilidad, etc... en una fase que se llama de aprendizaje automático. Entrenado el sistema, al introducir la imagen procesada en el ordenador que se quiere clasificar, el sistema reconoce como clase o calidad de esa imagen, la del patrón cuyas características más se asimilaran.

La máquina desarrolla su labor en forma automática, dando orden a un actuador para que realice el proceso que tiene asignado, según el valor obtenido.

## 3.2.- Aplicaciones de los sensores ópticos a la industria de la madera

Los sensores ópticos se utilizan en muchos elementos de control de la industria de la madera, entre los que cabe señalar los siguientes:

- En la identificación de las características dimensionales de las partículas, fibras y virutas en la fabricación de tableros.

La evaluación de la superficie específica (relación entre la superficie y el volumen) de las fibras, partículas, o virutas, en tiempo real, permite aplicar la dosis óptima de pegamento, y de acuerdo con otros parámetros

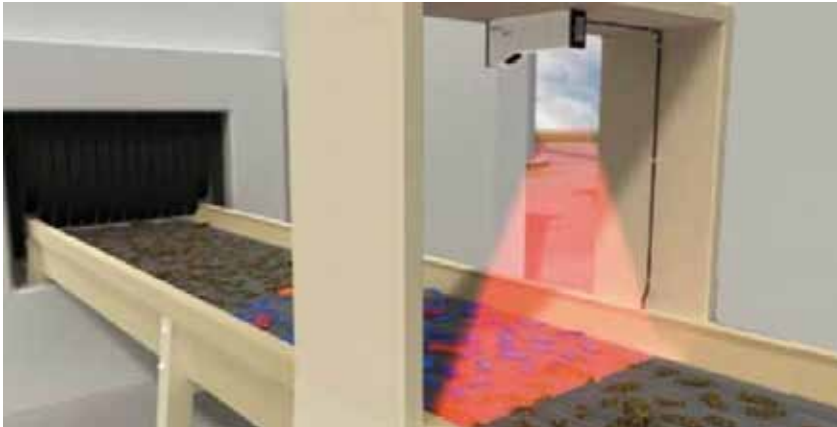


del tablero como son la especie de madera, densidad del tablero que se quiere fabricar, de los parámetros de prensa y de la resistencia que se pretenda obtener. Para ello, se utiliza la espectroscopia NIR (infrarrojo cercano) VIS / NIR

6500 espectrómetro dotado de una sonda directa de luz de reflexión situada en la cinta transportadora situada antes de la mezcla con el pegamento, utilizando el rango de longitud de onda en el instrumento NIR es de 400 a 2498nm.

- Determinación de las coordenadas de la superficie de la troza al proyectar sobre esta varias líneas de rayos láser.

Análisis de la posición de la superficie de la troza mediante emisores láser.  
Luisa Fernanda Castro Patiño



Control dimensional del tamaño de la astilla. Sick

- En la identificación de la especie de madera de que se trate.

Aunque todavía no es una técnica consolidada, hoy día se trabaja en la identificación de la especie de madera que pasa por un escáner y un software de análisis específico de imágenes de madera basada en reconocimiento de patrones, introducidos previamente en el programa.

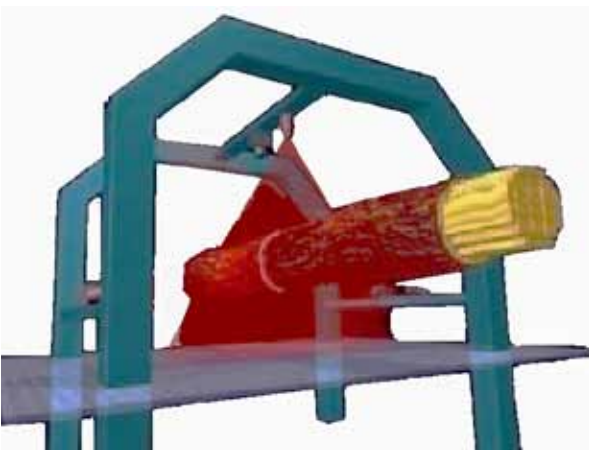
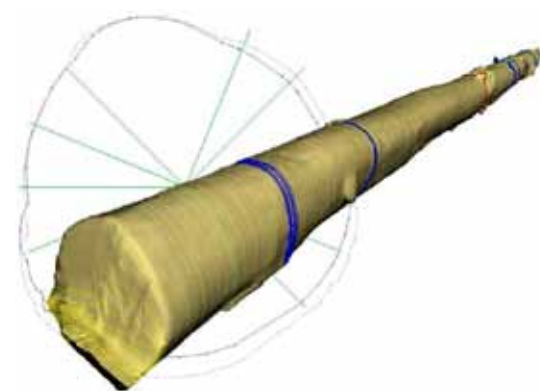
Algunos autores (Romero, 2009 y Zhao Pent, 2012) realizan la identificación sin filtros y utilizando imágenes color, mientras que otros (Yusof, et al,

2010), utilizan imágenes en blanco y negro con filtros Gabor. El resultado que se obtiene, es aceptable cuando las especies de madera tienen gran diferencia de color y características, pero en especies parecidas (por ejemplo entre la albura de los pinos) su porcentaje de acierto no llega al 70%.

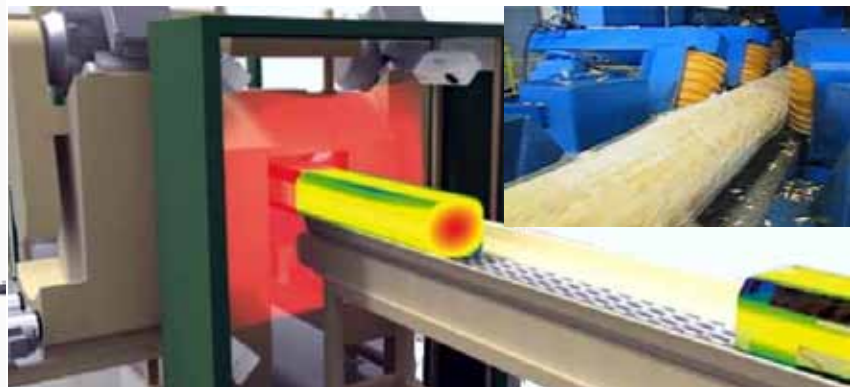
- En la medida de las dimensiones y clasificación de las trozas de madera. Se utilizan dos métodos siguientes:
- Determinación de la sombra proyectada por una troza ante un emisor infrarrojo

Esta técnica es la más utilizada siendo sus principales aplicaciones las siguientes:

- En parques de aserrado, tanto para evaluar el volumen de madera que llega como para clasificar la calidad de cada troza, de forma, que de acuerdo a su diámetro y forma, el sistema dirige la troza al cajón cuya calidad más se ajusta.
- En el posicionamiento de la troza en la primera máquina de aserrado. La troza circula por una banda transportadora que lo dirige al escáner óptico, y este de acuerdo a la forma de la troza, el sistema manda una orden a los rodillos actuadores para que coloquen la troza en la posición que más rendimiento proporciona.



Análisis de la forma del tronco mediante análisis de la sombra proyectada



Análisis óptico de las trozas y centrado automático mediante los rodillos posicionales





# tecnología

- En el centrado de las trozas para su desenrollo. El sistema dispone de 4 emisores laser que proyectan la luz contra la troza que es girada 360°, con lo que reconstruye la forma de la troza. El centrado se basa en calcular el cilindro inscrito máximo, a la troza simulada.



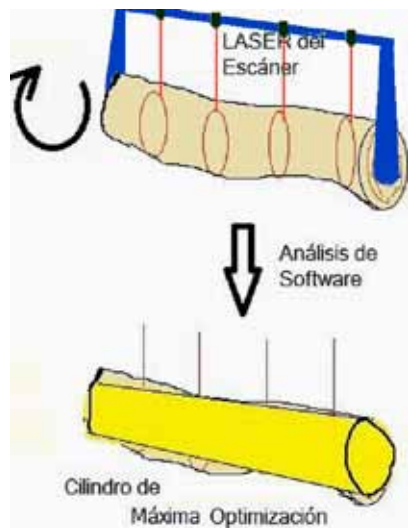
Centrado óptico de troncos en las fábricas de desenrollo

Clasificación visual de madera aserrada (3 caras) mediante análisis de imagen. Sick

## • Saneado y empalme de la madera aserrada

En la actualidad el saneado de las piezas de madera se realiza mediante la detección manual por un operador, que marca la madera con tinta que la detecta el escáner, que desactiva el sistema de alimentación y activa la sierra de corte para proceder a su corte y saneado.

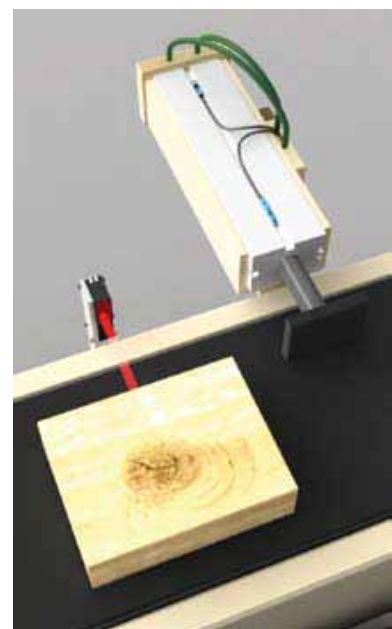
Hoy día se trabaja en la detección automática de defectos (principalmente nudos) de forma que la operación no necesite de ningún operador.



Esquema del funcionamiento del centrado óptico de trozas



Clasificación automática de chapas mediante análisis de imagen y comparación con patrones.



Análisis de detección de defectos. Sick

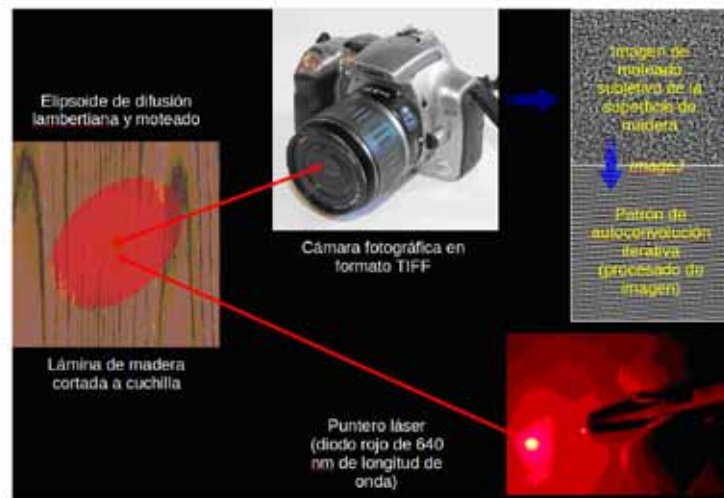
• **Clasificación de la calidad de las chapas obtenidas del desenrollo**  
La chapa recién cizallada pasa a un escáner tipo réflex que analiza la frecuencia de puntos negros (nudos) y de acuerdo al resultado envía la chapa a su pila de calidad correspondiente.

• **Clasificación de la calidad de la madera aserrada**  
Con la misma técnica se trabaja en la clasificación de la madera aserrada, el problema es que los factores que afectan a la calidad son muy numerosos, por lo que la tendencia hoy día es de utilizar técnicas en reconocimiento de patrones.

La experiencia de detección (Marcano-Cedeño, A. et al, 2009) de nudos se ha realizado analizando 9 tipos diferentes de nudos según si son elípticos o en espiga, sanos o saltadizos, en cara o en el extremo de la cara (junto al canto).  
La imagen detectada es preprocesada aplicando filtro Gabor, que atenúa las frecuencias muy altas o muy bajas

manteniendo una banda de rango medio. De esta forma se intensifican los detalles, bordes y cambios. La imagen procesada se segmenta mediante el método de análisis de componentes y se evalúa mediante una red neural de reconocimiento de patrones, entrenada previamente.

La red tiene una tasa de reconocimiento del 83,9% frente al reconocimiento humano con un 75% aproximadamente. Los mejores resultados los proporcionó la clase de nudos situados en el canto, en espiga y saltadizos y los peores resultados en los nudos en la cara, elípticos y saltadizos.



Esquema del sistema de control para análisis de la superficie de la pieza de madera.



Defectos detectados (Zhao Zhang)

#### • En el análisis de la calidad de la superficie de la madera.

Aún en fase experimental (Martínez Rojas, J.A. et al, 2009), la dispersión de la luz que produce la superficie de la madera al ser iluminada por un láser de forma difusa, provoca un moteado luminoso (speckle) de cuyas propiedades estadísticas se pueden extraer, sin más que procesar adecuadamente las imágenes de moteado obtenidas, las características superficiales de la madera, y en base a ello poder aplicar los tratamientos superficiales (lijado y barnizado) más adecuados para cada pieza de madera. Esta técnica puede llegar a permitir la aplicación óptima de barniz

#### • Otras aplicaciones

Son muchas las posibilidades de aplicación de sensores ópticos en la industria de la madera, como es el caso del control de altura de las pilas de producto, o de los silos, detector final de carrera o de distancia o en sistemas de seguridad para evitar que el operario pueda introducirse en zonas de peligro.



Medida de los espesores de los recubrimientos mediante láser de reflexión. Sick

Las posibilidades de mejora de los sistemas de control, por análisis de imagen son sin duda lo más importante hoy día, incluso de extender su aplicación al control de la resistencia individual de las piezas mediante la aplicación de cargas y la detección de las deformaciones (mediante fibra óptica). También se están desarrollando sistemas de determinación de la densidad, pero la falta de penetración de la luz en la madera, solo permite conocer su valor, analizando el serrín y la viruta que desprende durante su procesado.

• **Sensores acústicos:** Es un sistema muy similar a los sensores ópticos en los que en lugar de emitir un haz luminoso se emite una emisión acústica, en general ultrasónica por medio del impacto de un péndulo sobre la superficie del producto a evaluar. Su principal ventaja es que puede detectar materiales transparentes. Su uso principal se encuentra en evaluar la situación espacial de las piezas, pudiendo detectarse las piezas a distancias de hasta 10 m. También se utiliza en la evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales, dada la relación entre velocidad de transmisión acústica y módulo de elasticidad.

En la madera, también se pueden emplear para determinar el módulo de elasticidad y por tanto su calidad resistente, aunque también hay estudios para determinar la especie de madera de que se trate.



## Bibliografía

AGUILERA, C.; RAMOS, M.; SALINAS, D.; 2002. "Visualización interna de nudos en rollizos de madera de *Pinus radiata* D. Don utilizando rayos-X". Maderas. Ciencia y tecnología. 4(2):193-200.

ALPUENTE J., 2008. Clasificación automática de especies de madera basada en las características estadísticas de sus imágenes. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Alcalá, Madrid. Inédito.

BING PAN, KEMAO QIAN, HUIMIN XIE AND ANAND ASUNDI; 2009 Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: a review. Measurement Science and Technology 20 (2009) 062001 (17pp)

BUCUR, V. 1995. "Wood acoustic characterization by ultrasound". Proceedings of IEEE Ultrasonic Symposium, pp. 615-623.

CAMORANI, P.; BADIALLI, M.; FRANCOMACARO, D.; GAMASSI, M.; VICENZO, P.; SCOTTI, F.; ZANASI, M., 2008. "A classification method for wood types using fluorescence spectra". CD-ROM Proceedings of the FMTC 2008-IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference.

CASTRO PATIÑO, L.F.; 2013. Escáner para Madera: Obtenga Mejores Rendimientos en los Aserraderos. Revista madera y mueble 79.

GARCIA L.; GUINDEO A.; PALACIOS P., 2.000. "Clave de identificación de maderas de coníferas a nivel de especie. Región europea y norteamericana". Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales, Vol. 9, N° 1, pp. 117-136.

HOYLE, R.J., 1961. "A nondestructive test for stiffness of structural lumber". Forest Product Journal. pp. 251-254.

ÍNIGUEZ, G., 2007. Clasificación mediante técnicas no destructivas y evaluación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada de coníferas de gran escuadría para uso

estructural. Doctoral Thesis. Universidad Politécnica de Madrid, ETS de Ingenieros de Montes. 223 pp. PDF, file: <http://oa.upm.es/415>

LINDGREN, L.O., 1991. "Medical CAT-scanning: x-ray absorption coefficients, CT numbers and their relation to wood density". Wood Science. Technology, 25, 341-349.

MARCANO-CEDENO, A.; QUINTANILLA-DOMÍNGUEZ, J.; ANDINA, D. 2009 Wood Defects Classification Using Artificial Metaplasticity Neural Network; IEEE.

MARCO LÓPEZ-CARRASCO, M; MOLINA REUS, J. I. REJAS REDONDO, M.; 2013 Trabajo asignatura TGPF, Inédito

MADSEN, B. 1992. Structural behaviour of timber. Timber Engineering Ltd., North Vancouver, BC, Canadá, 405 pp.

MAGOSS, E.; 2008 General Regularities of Wood Surface Roughness Acta Silv. Lign. Hung., Vol. 4 (2008) 81-93

NÁJERA F. Y LÓPEZ V., 1969. Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares. Ed. IFIE, 279 pp., Madrid.

PERAZA C., 1964. Estudio de las maderas de coníferas españolas y de la zona norte de Marruecos. Ed. IFIE, Madrid, 112 pp.

RAMÍREZ ALONSO, G.M.J and CHACÓN MURGUÍA, M.I.. 2005 Clasificación de Defectos en Madera utilizando Redes Neuronales Artificiales. Scielo, Colombia Comp. y Sist., vol.9, n.1

ROMERO J., 2009. Análisis del color y su variabilidad en las coníferas, pinaceae, subfamilia pinoideae del grupo pinoide I, de España. Proyecto fin de carrera. ETSI de Montes, Universidad Politécnica de Madrid. Inédito.

ROJAS J. A. M.; ALPUENTE J.; BOLIVAR E.; et al, 2009 Empirical characterization of wood surfaces by means of iterative autocorrelation of laser speckle patterns. Progress in electromagnetics research-pier. Volume: 80 pages: 295-306

RUBIYAH YUSOF, NENNY RUTH-FALYDIA ROSLI, MARZUKI KHALID; 2010 Using Gabor Filters as Image Multiplier for Tropical Wood Species Recognition System. 12th International Conference on Computer

Modelling and Simulation

SANDAK, J; TANAKA, C.; 2003 Evaluation of surface smoothness by laser displacement sensor 1: effect of wood species J Wood Science (2003) 49:305-311 The Japan Wood Research Society 2003 DOI 10.1007/s10086-002-0486-6

TANAKA, T. et al., 2000. "Thermographic inspection of Wood". Proceedings of 12th Symposium on NDT of Wood, pp.439-447.

VENKATESH, M.S.; RAGHAVAN. G.S.V., 2005. "An overview of dielectric properties measuring techniques". Canadian Biosystems Engineering, vol. 47, pp. 7.5-7.30.

ZHAO PENG; 2012 Robust wood species recognition using variable color information Optik

ZHAO ZHANG, NING YE, DONG-YANG WU, QIAOLIN YE; 2.008 Locating the Wood Defects with Typical Features and SVM; Proceedings of the 11th Joint Conference on Information Sciences, Published by Atlantis Press.

ZHU, D.; CONNERS, R.; SCHMOLDT, D.; ARAMAN, P., 1991. "CT Image Sequence Analysis for Object Recognition a Rule-Based 3-D Computer Vision System". Conference Proceeding International Conference on Systems, Man, and Cybernetics Decision Aiding for Complex Systems. October 13-13, Volume 1. pp. 173-178.

<http://www.monografias.com/trabajos94/tecnicas-procesamiento-digital-imagenes-aplicadas-al-analisismicroestructuras/tecnicas-procesamiento-digital-imagenes-aplicadas-al-analisis-microestructuras.shtml#analisisa#ixzz2WlSo2LqR>

<http://isa.uniovi.es/docencia/autom3m/Temas/Tema7.pdf>

<http://www.sick-automation.ru/images/File/pdf/Industry/wood.pdf>

<http://www.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXVIII/documentos/1211-Articulo%20Vision%20Artificial.pdf> 